LA GÉOMÉTRIE DYNAMIQUE DANS LES CLASSES DES CYCLES 2 ET 3

Teresa ASSUDE
IUFM d'Aix Marseille
t.assude@aix-mrs.iufm.fr

Jean-François BONNET
IUFM de Nice
jfbonnet@wanadoo.fr

Jean-Michel GELIS
IUFM de Versailles
jean-michel.gelis@versailles.iufm.fr

Jean-Pierre RABATEL
IUFM de Lyon
jeanpierre.rabatel@laposte.net

Résumé

Dans cet atelier, nous nous intéressons au problème de l'intégration, dans les apprentissages, des TICE et plus particulièrement de la géométrie dynamique aux cycles 2 et 3. Cette intégration, mentionnée dans les programmes de l'école et - depuis peu - dans ceux des concours de recrutement, soulève des problèmes complexes, autant du point de vue des enseignants que de celui des formateurs.
Nous n'apportons pas ici de réponse générale aux problématiques soulevées par cette intégration mais, plus modestement, nous proposons des axes d'analyse susceptibles d'éclairer des points qui nous paraissent essentiels. Ces axes d'analyse ont été élaborés lors des nombreuses expérimentations mises en place au sein de l'ERT*e* MAGI, dirigée par Colette Laborde.
Ces axes d'analyse ont été mis en pratique lors du travail en groupe de l'atelier. Chaque groupe avait pour consigne de concevoir une séquence d'apprentissage, à partir de l'une des 5 situations proposées et caractérisées par une figure de géométrie dynamique ainsi que des compétences cibles. La consigne était de situer explicitement les propositions de séquences par rapport aux axes d'analyse précédemment explicités.

I – PRÉSENTATION DE L'ATELIER

I – 1 Intégration des TICE dans l'enseignement

La volonté institutionnelle d'intégrer les TICE dans l'apprentissage des mathématiques ou dans la formation disciplinaire des enseignants n'est pas nouvelle.

Elle s'est à nouveau récemment exprimée dans les programmes actuels de l'école qui stipulent, entre autres, que : « *L'enseignement des mathématiques doit intégrer et exploiter les possibilités apportées par les technologies de l'information et de la communication : calculatrices, logiciels de géométrie dynamique, logiciels d'entraînement, toile (pour la documentation ou les échanges entre classes), rétroprojecteur (pour les moments de travail collectif)* » ou, plus généralement, que *« L'émergence des nouvelles technologies de la communication pose d'une manière nouvelle le problème de l'apprentissage des savoirs fondamentaux, l'Ecole de la République doit faire face à de nouveaux défis. »*.

De telles demandes institutionnelles ont des conséquences sur la formation des enseignants, tout comme la modification récente des programmes de mathématiques du CERPE qui introduit des « *Eléments sur l'utilisation des calculatrices électroniques et d'outils informatiques simples (tableurs)* », ainsi que le fait que « *Les questions complémentaires […] peuvent porter sur : […] des scénarios possibles pour des séances faisant appel aux T.I.C.E.* ».

Malgré son inscription officielle, le problème de l'intégration des TICE dans l'apprentissage des mathématiques n'est pas effectif pour autant. Il soulève de nombreuses questions, par exemple : que veut dire intégrer les TICE dans le quotidien d'une classe, quelles sont les conditions et les contraintes d'une telle intégration dans des classes « ordinaires », quels sont les changements induits par cette intégration dans les pratiques des enseignants d'une part et les apprentissages des élèves de l'autre ?

Nous n'apportons pas, dans cet atelier, de réponses universelles à ces problèmes complexes, mais, plus modestement, nous proposons quelques axes d'analyse qui peuvent permettre d'alimenter diverses problématiques liées à l'intégration des TICE à l'école. Ces axes d'analyse s'appliquent à la géométrie dynamique et sont issus de notre expérience de travail au sein de l'ERT*e*[1] MAGI (Mieux Apprendre la Géométrie à l'aide de l'Informatique). Le paragraphe suivant présente sommairement cette équipe.

I – 2 L'ERT*e* MAGI

L'ERT*e* MAGI fut créée par Colette Laborde en juin 2003 pour une durée de 3 années. Elle vise à expérimenter des séances intégrant la géométrie dynamique à l'école, élaborer des stratégies de formation (initiale ou continue), sur ce thème, à destination des enseignants, développer des cadres théoriques susceptibles de fonder de telles approches (ROLET, 2006 ; SOURY-LAVERGNE 2006). Cette équipe réunit des formateurs, des chercheurs et des enseignants appartenant à de nombreuses catégories de personnels[2]. Elle est organisée en sous-équipes[3], chacune d'elles travaillant à la conception de séances d'apprentissage, de scénarios de formation, à chaque fois mis en œuvre et analysés. L'ERT*e* se propose d'éditer un DVD qui permettra de rendre compte du travail réalisé tout au long de ces années.

Nous nous intéresserons ici aux séances d'apprentissage mises en place auprès des élèves. Nous avons dû les concevoir, les analyser, les évaluer, les qualifier, les comparer. Ces séances résultaient d'un certain nombre de choix et d'hypothèses que nous avons peu à peu explicitées. Elles se proposaient d'explorer certaines facettes de l'intégration des TICE aux apprentissages et nous avons dégagé des axes d'analyse afin de mieux cerner leur pertinence et leur intérêt. Ce sont ces derniers axes d'analyse que le présent atelier se propose de travailler.

---

[1] Equipe de Recherche en Technologie éducative

[2] Conseillers pédagogiques, maîtres de conférences, maîtres formateurs, PE, PIUFM, professeur d'université….

[3] Localisées à Aix, Amiens, Grenoble, Toulon, Valence, Versailles

I – 3 Cadrage de l'atelier

Les logiciels de géométrie dynamique offrent la possibilité de construire des figures et de les déformer par déplacement de certains objets qui les composent (points, droites, segments…). Leur particularité réside dans le fait que les propriétés géométriques que possède la figure restent invariantes par déformation. La suite de dessins de la figure 1 relate, par exemple, la construction d'un rectangle à partir d'un cercle et de 2 de ses diamètres, l'effacement des objets intermédiaires de construction et la déformation du rectangle construit.

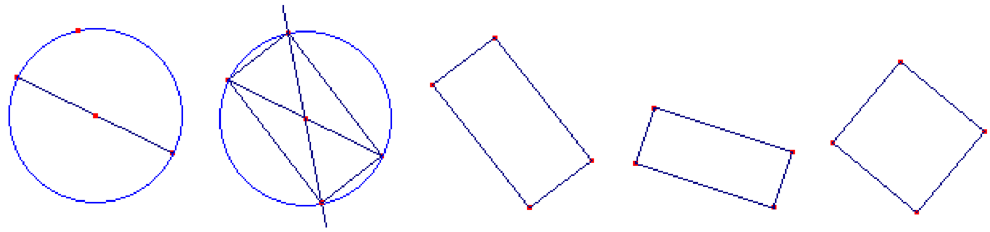


Figure 1 *: Suite de dessins obtenus avec un logiciel de géométrie dynamique : construction d'un rectangle, effacement d'objets de construction, déformation.*

La géométrie dynamique ouvre de nombreuses perspectives pour aborder l'apprentissage de la géométrie. Devant cette palette de possibles, l'enseignant comme le formateur doivent parvenir à situer leurs propositions, les qualifier, juger de leur pertinence, tâches auxquelles peuvent contribuer les axes d'analyse que nous proposons.

Le présent atelier se propose de mettre les participants dans la position qui fut la nôtre lors du travail dans l'ERT*e* MAGI, c'est à dire celle du concepteur de séances. Il s'agit, étant données une figure de géométrie dynamique d'une part, et des compétences cibles d'autre part, d'organiser une séquence qui s'appuie sur cette figure, vise ces compétences et se situe explicitement par rapport aux axes d'analyse proposés. Cinq ensembles de figures et compétences relatives aux cycles 2 et 3 ont été retenus et soumis aux différents groupes de l'atelier.

Les axes d'analyse étudiés dans cet atelier sont indépendants du logiciel de géométrie dynamique, dont un quelconque représentant convient (tels que Géogébra, Déclic, Géonext,…). Cependant, afin de ne pas avoir à traiter dans l'atelier de différentes connaissances instrumentales, nous avons proposé aux participants un unique logiciel, ici Cabri-Géomètre.

Le paragraphe suivant présente ces axes d'analyse.

II – NOS AXES D'ANALYSE

Les axes d'analyse que nous présentons ici sont illustrés sur des situations antérieures au travail de l'ERT*e* MAGI. Ces situations sont issues d'expérimentations décrites dans (ASSUDE 2006 ; GELIS, ASSUDE 2002).

II – 1 Le point de vue instrumental

Notre premier axe d'analyse est constitué par les connaissances instrumentales. Lors de la conception de toute séance intégrant un logiciel de géométrie dynamique, il est nécessaire d'expliciter ces connaissances, les élèves devant les maîtriser pour résoudre les situations proposées. Toute non prise en compte de ces connaissances est susceptible de bloquer la progression envisagée et d'inhiber les apprentissages visés. Selon les situations d'apprentissage, les connaissances instrumentales nécessaires peuvent être minimes (et n'exiger, par exemple, que la seule capacité à déformer les figures) ou plus complexes, comme indiqué ci-après.

Par exemple, la connaissance des différents statuts des points en géométrie dynamique est nécessaire à bien des situations de construction. Ces points peuvent être en effet libres (ils sont alors déplaçables dans le plan, sans aucune limitation), liés à un objet (ils se déplacent alors exclusivement sur celui-ci, qu'il soit cercle, droite, segment…) ou « fixes » (s'ils sont non déplaçables directement, comme les points d'intersection ou les milieux de segments). Un autre exemple de connaissances instrumentales non triviales est proposé à la figure 2 qui présente les connaissances nécessaires à la construction d'un segment perpendiculaire à un autre en l'une de ses extrémités. Cette construction est assez élaborée puisqu'elle impose, avec Cabri-Géomètre, de définir une droite perpendiculaire au segment en l'extrémité voulue, de tracer un point lié à cette dernière, d'effacer la droite, de construire le segment perpendiculaire.

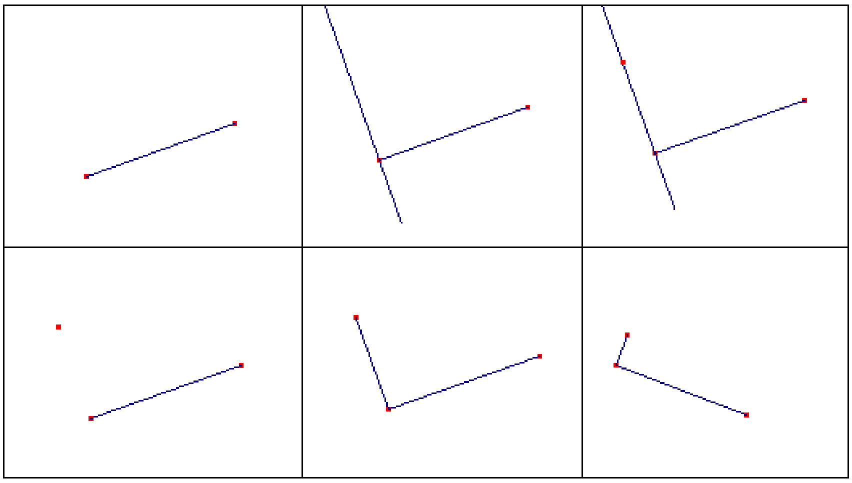


Figure 2 *: Construction d'un segment perpendiculaire à un autre en l'une de ses extrémités.*

II – 2 Techniques

Le point de vue praxéologique (CHEVALLARD 1999) propose entre autres, d'approcher le travail proposé à l'élève en termes de type de tâches et de techniques. De ce point de vue, un logiciel de géométrie dynamique offre, pour résoudre les tâches demandées, des techniques nouvelles en ce sens qu'elles n'ont pas d'équivalents en papier/crayon. (ASSUDE, GÉLIS 2002). Ces techniques, qui constituent notre deuxième axe d'analyse, doivent être explicitement recensées par les concepteurs de séances intégrant de la géométrie dynamique, qui ont à organiser leur maîtrise de la part des élèves.

A titre d'exemple, la figure 3 évoque la technique perceptive où l'élève, pour construire un carré, construit un quadrilatère quelconque avant d'ajuster les points à la souris et faire en sorte de satisfaire « à vue » les propriétés qui définissent un carré (égalité des côtés et présence de 4 angles droits). Cette technique ne permet pas d'atteindre l'objectif visé, puisque la qualité de carré ne résiste pas à la déformation de la figure.

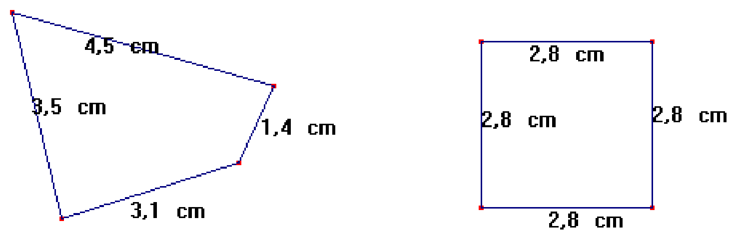


***Figure 3** : Construction d'un carré par une technique perceptive.*

La figure 4 présente la technique perceptivo-théorique qui permet, contrairement à la précédente, de construire effectivement un carré. Cette technique est fondée sur la détermination des contraintes géométriques (ici, des égalités de longueur et des perpendicularités) et l'utilisation d'objets géométriques intermédiaires qui permettent de les satisfaire (ici, un cercle).

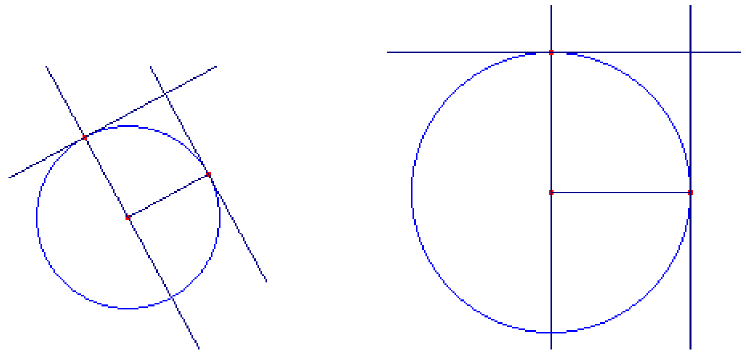


***Figure 4** : Déformation d'un carré construit par une technique perceptivo-théorique.*

II – 3 La dialectique ancien/nouveau

Nous avons constaté, lors du travail avec les enseignants et leurs classes, que l'intégration de séances de géométrie dynamique se posait en terme d'une dialectique ancien/nouveau. Les tâches et techniques nouvelles apportées par la géométrie dynamique devaient se situer par rapport aux tâches et techniques anciennes qui préexistaient à son introduction. Toute insertion de séances d'apprentissage fondées sur la géométrie dynamique doit reposer sur une analyse fine de la répartition entre tâches et techniques anciennes et nouvelles. Certaines tâches anciennes sont abandonnées, d'autres sont conservées mais traitées avec des techniques nouvelles. Les tâches nouvelles qui apparaissent peuvent induire des modifications sur des tâches anciennes. La cohérence de ce nouvel équilibre, la répartition entre ancien et nouveau caractérisent un type d'intégration de la géométrie dynamique. Cette dialectique ancien/nouveau constitue à nos yeux un autre axe d'analyse.

Par exemple, des tâches anciennes de construction de figures peuvent être conservées lors de l'introduction de la géométrie dynamique. Elles seront alors traitées avec des techniques nouvelles, liées au logiciel utilisé (cf paragraphe précédent). Des tâches nouvelles, sans équivalent dans le contexte papier/crayon, peuvent être conçues et conduire à des apprentissages mathématiques s'appuyant sur de nouvelles techniques. La figure 5 donne un tel exemple, celui d'une figure de géométrie dynamique donnée aux élèves et qu'ils devaient qualifier (il s'agissait ici d'un carré apparent à l'ouverture du fichier), puis déformer (la figure se révélait alors être en fait un losange) avant d'en tirer des conclusions sur l'inclusion entre classes de quadrilatères (ici les carrés et les losanges) et de les exprimer en termes de propriétés.

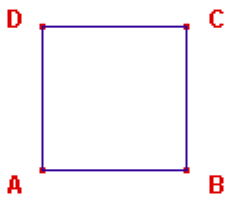
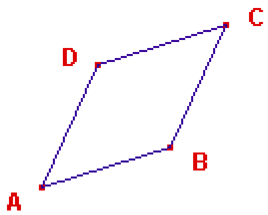
Figure donnée	**Feuille d'activité**
 à l'ouverture du fichier	*La figure ABCD est-elle un carré ? -------------------------* *Comment as-tu vérifié ? ----------------------------------* *--* <u>*Déplace tous les points que tu peux déplacer.*</u> *La figure ABCD est-elle encore un carré ?* *C'est un --* *parce que : ---* *--*
 après déformation	*Un carré est-il toujours un losange ? ----------------------* *--* *Un losange est-il toujours un carré ? ----------------------* *--* *Ecris une condition pour qu'un losange soit toujours un carré :* *--* *--*

Figure 5 *: Exemple d'une tâche nouvelle, le « balayage » d'une figure de géométrie dynamique et son exploitation à des fins mathématiques.*

Notons que les conséquences de l'introduction de la géométrie dynamique ne se limitent pas à la définition de tâches ou de techniques conduites au sein du logiciel. Des tâches papier/crayon peuvent également être affectées. Par exemple, lors d'expérimentations précédentes (ASSUDE, GELIS 2002), nous avons constaté que les enseignantes avaient défini des tâches nouvelles[4] en papier/crayon, à savoir la construction de quadrilatères particuliers à partir de leurs diagonales. En effet, elles avaient choisi de scinder la classe en 2 groupes travaillant alternativement tantôt avec le logiciel, tantôt dans le contexte papier/crayon. C'est la recherche d'une situation papier/crayon qui puisse être mise en regard avec l'activité de géométrie dynamique, qui les a conduites à définir cette nouvelle tâche papier/crayon.

---

[4] Le vocable « tâches nouvelles » signifie ici que ces enseignantes ne proposaient habituellement pas de telles tâches à leurs élèves, dans la progression qu'elles avaient arrêtée avant l'introduction de la géométrie dynamique.

II – 4 Entrelacement des contextes papier/crayon et de géométrie dynamique

Un autre axe d'analyse est constitué par l'entrelacement des contextes papier/crayon et de géométrie dynamique. Il s'agit ici de savoir si les situations proposées aux élèves se poursuivent et se prolongent dans les contextes papier/crayon et géométrie dynamique ou si, au contraire, elles ne « vivent » que dans un seul de ces contextes. Toute proposition d'apprentissage à l'aide de la géométrie dynamique doit préciser l'alternance éventuelle des contextes papier/crayon et logiciel. Nous proposons deux exemples issus d'expérimentations précédentes en CM2 (ASSUDE, GELIS 2002), qui présente des entrelacements entre contextes profondément différents.

La première d'entre elles vise des compétences sur les quadrilatères particuliers et leurs propriétés. Les enseignantes avaient choisi d'organiser la classe en 2 demi-groupes. Le premier demi-groupe travaillait en papier/crayon sur une tâche de construction de quadrilatères particuliers[5] à partir de leurs diagonales. L'autre demi-groupe travaillait avec le logiciel de géométrie dynamique sur une tâche de construction d'un quadrilatère particulier laissé au choix de l'élève. Ces deux ateliers se déroulaient en alternance. Ces tâches n'étaient pas reliées entre elles, elles ne s'enchaînaient pas, la résolution de l'une n'aidait en rien la résolution de l'autre. Elles étaient conçues pour être disjointes, sans interaction l'une envers l'autre et le bilan de la séance puisa indifféremment dans les réussites ou les échecs de l'une ou de l'autre la matière nécessaire à l'institutionnalisation des compétences visées. Le degré d'entrelacement des contextes papier/crayon et de géométrie dynamique est ici nul.

A l'opposé, le second exemple proposait un enchaînement de situations qui reposait sur un fort entrelacement de ces contextes. La séquence proposait l'étude des programmes de construction qui étaient ici abordés pour la première fois dans cette classe de CM2. La séance commença par un temps collectif où une figure de géométrie dynamique fut proposée à l'écran. Les propriétés de cette figure furent explicitées au sein du logiciel, un élève opérant sous la conduite du groupe et procédant à la mesure des angles, des côtés et des diagonales. La figure fut ensuite déformée et le groupe constata que le carré supposé « résistait » à la déformation. La classe fut alors répartie en binômes, chaque binôme devant noter l'historique de la construction sous le logiciel et prendre la figure à main levée. La classe quitta alors les ordinateurs pour poursuivre un travail en papier/crayon. Un texte affiché au tableau proposait le programme de construction d'un pentagone qui fut mis en regard avec l'historique de la figure que venaient d'obtenir les élèves. Les différences et ressemblances entre les deux textes furent établies collectivement (relatives aux objets géométriques, à leurs caractérisations mathématiques, à la langue - présence de phrases, de verbes,…-). Les élèves furent ensuite invités à rédiger leur propre programme de construction du carré à partir de l'historique, ce qui nécessita pour certains d'entre eux un retour sur les machines pour mieux articuler les différentes phases de construction. Le travail se poursuivit par la construction papier/crayon de la figure à partir du programme de construction élaboré par chaque élève. Un bilan donna l'occasion de mettre en lien les contraintes de la construction avec les propriétés du carré. La séquence se termina par un retour sur les machines et l'exécution du programme de construction au sein au logiciel. Cette séquence se fonde sur une alternance conséquente des contextes papier/crayon et logiciel de géométrie dynamique. Le travail initié dans l'un de ces contextes est repris, prolongé et poursuivi dans l'autre. L'entrelacement de ces 2 contextes est ici très fort, les propriétés de la figure et la chronologie de construction demeurent les seuls

[5] Il s'agit ici de carrés, rectangles, losanges ou parallélogrammes.

invariants qui traversent les différentes phases de la situation et les deux contextes de travail (papier/crayon et géométrie dynamique).

II – 5 Rapport des connaissances instrumentales/mathématiques

Le dernier axe d'analyse que nous proposons est le rapport entre les connaissances instrumentales d'une part et les connaissances mathématiques d'autre part. Toute situation intégrant un dispositif de géométrie dynamique vise à la maîtrise, de la part de l'élève, de ces 2 types de connaissances dans des proportions qui peuvent être très variables. Certaines séances ont pour but d'assurer de façon conséquente une bonne acquisition de certaines fonctions du logiciel, les connaissances mathématiques étant réduites ou destinées à être revisitées et renforcées. C'est le cas, par exemple de la situation de construction de quadrilatères particuliers en géométrie dynamique où les propriétés mathématiques (perpendicularités, égalités de longueurs) sont censées être connues et aisément mobilisables alors que les connaissances instrumentales (impliquant par exemple le recours à des cercles pour assurer les égalités de longueur) sont ici bien plus ardues et destinées à être institutionnalisées.

En opposition avec ce qui précède, d'autres séances s'appuient sur une expertise minimale du logiciel et développent à partir de la situation donnée des apprentissages mathématiques bien plus conséquents en proportion. Citons l'exemple présenté plus haut (cf figure 5) d'une figure de géométrie dynamique qui semblait être un carré au chargement du fichier et se déformait en losange. Le principe de déformation d'une figure (et de l'invariance de ses propriétés) est ici la seule connaissance instrumentale nécessaire pour mener à bien la tâche demandée, qui vise l'apprentissage de l'inclusion des classes de figures (carrés et losanges) et l'expression de cette inclusion en termes de propriétés. Le travail mathématique est conséquent et opéré à partir d'une connaissance instrumentale élémentaire et unique.

Le rapport entre connaissances instrumentales et mathématiques est un axe d'analyse important pour qualifier l'intégration de la géométrie dynamique dans les apprentissages. Notons que la place de ces différentes connaissances est également un élément clé, certaines situations placent les connaissances instrumentales en amont des connaissances mathématiques visées dans la séance, d'autre en aval, d'autres encore organisent des allers-retours entre ces deux types de compétences.

III – LES PRODUCTIONS DE L'ATELIER

III – 1 Travail en groupe

Les annexes présentent les 5 situations proposées dans l'atelier, issues de séances mises en œuvre dans le cadre de l'ERT*e* MAGI. Les participants de l'atelier ont été mis en groupe, chaque groupe recevant une situation déterminée par un niveau de classe, des compétences cibles et une figure de géométrie dynamique représentée ici par un ou plusieurs dessins. L'objectif de l'atelier était de mettre les participants dans la position qui fut la nôtre au sein de l'ERT*e* MAGI. Le point de vue du concepteur de séances était donc retenu dans ce cadre et il était demandé, à chaque groupe, d'étudier la figure de géométrie dynamique proposée, d'en recenser les caractéristiques et potentialités sur le plan des apprentissages et, enfin, de concevoir une séquence qui s'appuyait sur la figure de géométrie dynamique donnée et visait les compétences retenues. Il était également demandé de situer explicitement les propositions par rapport aux axes d'analyse précédemment présentés : le point de vue instrumental, les techniques en jeu, la dialectique ancien/nouveau, l'entrelacement des contextes papier/crayon et géométrie dynamique, le rapport des connaissances instrumentales/mathématiques. En préalable à ce travail, chacun des groupes était invité à définir le cadre matériel du déroulement de leur séquence (salle informatique, ordinateurs en fond de classe, tableau blanc interactif, vidéoprojecteur…).

III – 2 Bilan des travaux en groupes

Il est difficile de rendre compte de façon exhaustive des propositions de chaque groupe, le temps de recherche trop court et l'ampleur de la tâche n'ont pas permis de finaliser totalement les productions. Cependant, les axes d'analyse ont permis d'organiser et de structurer la restitution, de sérier les questions, de débattre avec précision des problèmes liés à l'intégration de la géométrie dynamique dans les apprentissages. Les propositions des groupes ont été croisées avec les expérimentations effectivement mises en place au sein de l'ERT*e* MAGI, ce qui a permis de rendre compte des questionnements qui en ont émergé. Nous évoquons dans ce qui suit quelques points qui ont été discutés lors de l'atelier.

Les potentialités de figures de géométrie dynamique ont été étudiées avec soin. Le repérage des points libres (à partir desquels la figure peut être déformée), le type de déformation obtenue (par homothétie, similitude, isométrie), la détermination des contraintes géométriques de la figure ont été exploités pour déterminer en quoi la figure proposée pouvait être un support d'apprentissage intéressant.

Le problème des connaissances instrumentales fut un axe d'analyse qui retint l'attention du groupe. La possibilité de restreindre les commandes du logiciel offertes aux élèves fut évoqué pour chaque situation, comme par exemple dans la situation 2 qui peut être mise en œuvre en inhibant la commande « symétrie axiale », ce qui impose, pour mener à bien une tâche de construction, de concevoir des techniques qui s'appuient sur les propriétés des symétries. Le débat fut riche et nourri à propos de la situation 5. Cette situation est, comme les autres, issue d'expérimentations conduites ici au CP. Elle est fortement centrée sur des connaissances instrumentales (même si les connaissances mathématiques visées sont consistantes) et se proposait d'explorer les capacités de prise en main et de maîtrise du logiciel de la part d'élèves qui n'ont pas les facilités de manipulation et de structuration attendues de la part d'élèves plus âgés, de CM2 par exemple. Dans l'esprit des concepteurs de cette séance, la bonne exploitation du logiciel et la maîtrise de gestes incontournables (tel que le déplacement de figures) constitue un préalable à toute tentative d'intégration de la géométrie dynamique à ce niveau de classe. De nombreux points furent explorés et les propositions confrontées aux vécus effectifs de la situation. Les élèves disposaient, au sein du logiciel de géométrie dynamique, de figures élémentaires (triangles, cercles, carrés) et devaient reconstituer des figures cibles (un carré contenant un cercle et/ou englobant un triangle, un cercle placé « au-dessus » d'un carré…). Les « modes » de déplacement de ces figures élémentaires ont retenu l'attention du groupe et soulevé de nombreuses questions dont les conséquences en terme d'apprentissage mathématiques furent évoquées. Nous avons examiné différents « comportements» lors du déplacement des figures élémentaires. Ces « comportements » sont les conséquences directes de la construction de ces figures au sein du logiciel et se caractérisent, entre autres, par : (1) les conséquences du déplacement du centre de symétrie d'une figure élémentaire (par exemple, si l'on déplace le centre du carré, le carré déplacé se déduit-il du carré initial simplement par translation ou bien conserve-t-il avec le carré initial un sommet commun, auquel cas sa « taille » n'est pas identique à ce carré initial ?) ; (2) la possibilité de déplacer ou non une figure par d'autres objets que ses sommets (par exemple, le carré peut-il se déplacer à partir de l'un de ses côtés ?). Ces différentes options ont des conséquences sur le plan des apprentissages mathématiques visés, ainsi que sur les figures cibles à reconstituer (qui peuvent être ou non constituées de figures élémentaires de même taille que les figures élémentaires initiales).

L'axe d'analyse lié à l'entrelacement des contextes papier/crayon et de géométrie dynamique fut fortement repris par les travaux des différents groupes. La recherche de liens entre les travaux conduits dans ces 2 contextes, l'identification des éléments mathématiques qui sous-tendent les différentes techniques nécessaires (lesquelles techniques constituaient aussi un axe d'analyse) ont contribué à l'organisation d'une cohérence d'apprentissage tout au long des séquences proposées. Pour reprendre l'exemple de la situation 5 dédiée au CP, un débat s'engagea sur les correspondances, similitudes et différences, exprimées en termes d'apprentissage mathématique, entre la situation de géométrie dynamique donnée (reconstituer les figures cibles à partir des figures élémentaires disponibles dans le logiciel) et la situation papier/crayon consistant à reconstituer ces mêmes figures cibles à partir de gabarits papiers. De même, la verbalisation de descriptions de figures cibles (il s'agit ici d'une tâche « ancienne », ce qui se réfère à un autre de nos axes d'analyse) dans l'un et l'autre des contextes géométrie dynamique et papier/crayon fut évoquée, ainsi que la reproduction de ces figures cibles (à partir d'un modèle) ou leur construction (à partir de leurs seules descriptions).

L'axe d'analyse lié aux connaissances instrumentales fut évoqué de manière récurrente, entre autres à propos des techniques de validation. Le logiciel de géométrie dynamique offre en effet, pour de nombreuses situations, des possibilités de validations dont il s'agit dès lors de contrôler l'usage, la dévolution, la construction chez l'élève. Citons à titre d'exemple, la possibilité pour la situation 2, de demander au logiciel, à l'aide de la commande adéquate (ici, la construction du symétrique d'un objet par rapport à une droite), de vérifier que les éléments construits par l'élève sont bien symétriques les uns des autres. Le temps et la durée d'utilisation des connaissances instrumentales avec les élèves furent également évoquées. Les contextes de différentes expérimentations mises en œuvre au sein de l'équipe MAGI furent rapportées. L'une d'elle recourait à la géométrie dynamique tout au long de l'année, de façon constante et régulière. Il en résulte que la gamme de connaissances instrumentales disponibles chez les élèves était large et que les situations proposées laissaient beaucoup d'initiative à la classe pour mobiliser les connaissances instrumentales nécessaires. A l'opposé, d'autres contextes d'utilisation conduits dans d'autres classes ne proposaient qu'un nombre limité et ponctuel de séquences intégrant la géométrie dynamique. Les connaissances instrumentales en jeu furent bien plus modestes et organisèrent les apprentissages mathématiques en intégrant le fait que les élèves ne puissent prendre que des initiatives réduites sur le plan de ces connaissances.

CONCLUSION

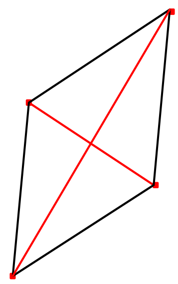
Cet atelier était consacré au problème de l'intégration des TICE dans les apprentissages à l'école et plus précisément, à celui de la géométrie dynamique aux cycles 2 et 3. Il visait à l'utilisation et l'exploitation d'axes d'analyse que nous avons identifiés lors de nos travaux au sein de l'ERT*e* MAGI, ces axes d'analyse étant liés aux connaissances instrumentales, aux différentes techniques possibles, à la dialectique ancien/nouveau, à l'entrelacement des contextes papier/crayon et géométrie dynamique, au rapport des connaissances instrumentales/mathématiques.

Nous pensons que ces axes d'analyse peuvent constituer une entrée pour aborder et traiter du difficile problème de cette intégration. Même s'ils ne prétendent pas organiser et fournir un cadre général, ils n'en constituent pas moins des leviers susceptibles d'éclairer une démarche, de situer des enjeux, de qualifier un positionnement. A ce titre, nous pensons qu'ils permettent d'organiser des directions de travail autant à destination d'enseignants désireux d'intégrer la géométrie dynamique dans leur classe, qu'en direction de collègues en formation initiale ou continue. Cet atelier a proposé un temps de conceptions de séances en groupe, à partir de figures de géométrie dynamique et de compétences mathématiques visées. Lors de la restitution des différentes propositions, les axes d'analyse ont joué leur rôle de structuration, de repérage des enjeux, d'identification précise des possibles et de leurs conséquences, contribuant ainsi à mieux appréhender et s'approprier le difficile problème de l'intégration des TICE à l'école.

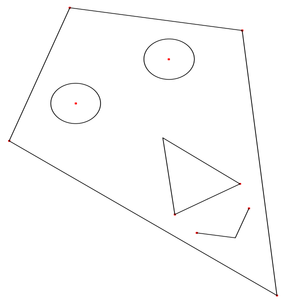
ANNEXE

Nous présentons dans cette annexe la suite des 5 situations proposées aux différents groupes de l'atelier. Chacune d'entre elles est caractérisée par un niveau de classe, des compétences visées et une figure de géométrie dynamique représentée par un ou plusieurs dessins. La tâche demandée consistait à produire une séquence en se positionnant explicitement par rapport aux axes d'analyse demandés : *connaissances instrumentales, techniques possibles, dialectique ancien/nouveau, entrelacement des contextes papier/crayon et géométrie dynamique, rapport des connaissances instrumentales/mathématiques.*

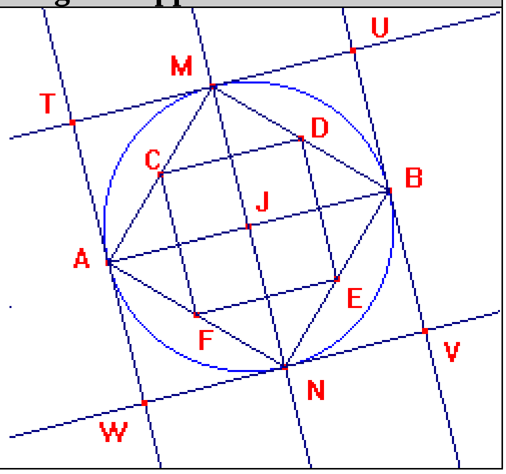
Situation 1

Niveau	Notions à travailler	Figure support
CM2	• symétrie et perpendicularité • milieu d'un segment • report de longueur	• losange dont une des diagonales vaut le double de l'autre 

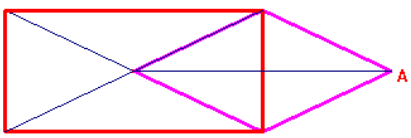
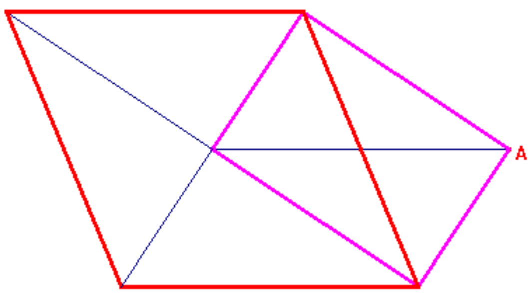
Situation 2

Niveau	Notions à travailler	Figure support
CM2	• perpendicularité et symétrie • angles et report d'angle	• cerf-volant 

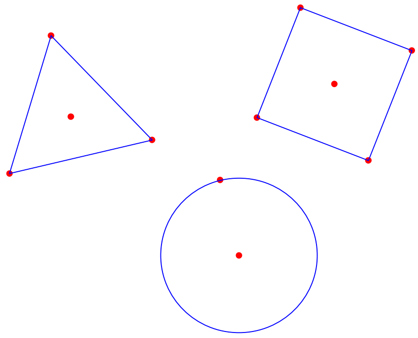
Situation 3

Niveau	Notions à travailler	Figure support
CM2	• reproduction de figures • programme de constructions	• figure « complexe » comprenant des carrés, le segment [AB] étant le premier élément de la construction 

Situation 4

Niveau	Notions à travailler	Figure support
CM2	• propriétés de quadrilatères particuliers : rectangles, losanges	• 2 figures composées d'un rectangle et d'un losange l'un étant appuyé sur les diagonales de l'autre  

Situation 5

Niveau	Notions à travailler	Figure support
CP	• reproduire une figure complexe à partir de figures simples déjà données • décrire une figure et les relations entre les figures simples	• carré, triangle équilatéral, cercle 

BIBLIOGRAPHIE

ASSUDE T (2006), *Degré d'intégration de Cabri-géomètre à l'école primaire*, Actes du Colloque Espace Mathématique Francophones, Sherbrooke Canada, 27-31 mai 2006.

ASSUDE T & GÉLIS J-M (2002), *La dialectique ancien-nouveau dans l 'intégration de Cabri-géomètre à l 'école primaire*, Educational Studies in Mathematics ,50,259-287.

CHEVALLARD Y.(1999), *L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique*, Recherches en didactique des mathématiques, vol.19.2,221-266.

GÉLIS J-M & ASSUDE T (2002), *Indicateurs et modes d 'intégration du logiciel Cabri en CM2*, Sciences et Techniques Educatives ,vol.9,n °3-4,457-490.

ROLET C (2006), Site *Mieux Apprendre la Géométrie dans des Espaces Instrumentés (MAGESI)*, adresse : http://MAGESI.inrp.fr

SOURY-LAVERGNE S (2006), *Instrumentation du déplacement dans l'initiation au raisonnement déductif avec Cabri-géomètre*, Actes du Colloque Espace Mathématique Francophones, Sherbrooke Canada, 27-31 mai 2006.